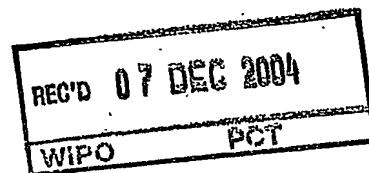


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

EP041011058



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Aktenzeichen: 103 46 310.0
Anmeldetag: 06. Oktober 2003
Anmelder/Inhaber: Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung eV, 80686 München/DE
Bezeichnung: Batterie, insbesondere Mikrobatterie, und deren
Herstellung mit Hilfe von Wafer-Level-Technologie
IPC: H 01 M 10/04

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 28. Oktober 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
 Im Auftrag



Schäfer

Batterie, insbesondere Mikrobatterie, und deren Herstellung mit Hilfe von Wafer-Level-Technologie

Die vorliegende Erfindung betrifft Mikrobatterien, d.h. 5 Batterien mit so geringen Abmessungen, dass sie z.B. auf Leiterplatten und elektronischen Schaltelementen Platz finden können, sowie Verfahren zu ihrer Herstellung. Die Batterien sind aus gängigem Folienmaterial für Kathode, Separator/Elektrolyt und Anode aufgebaut und mit Hilfe von Schritten kontaktiert und 10 verkapselt, die der Wafer-Level-Packaging-Technologie entstammen.

Mikroelektronische Systeme werden immer kleiner. Um die Miniaturisierung voranzutreiben und Kosten zu senken, werden 15 vollständige elektronische Systeme auf einem Chip hergestellt oder solche Chips dreidimensional übereinander gestapelt. Neue Anwendungen und Funktionen (Elektronische Körner: eGrain, smart dust und dergleichen) sind möglich, wenn diese Chips über eine eigene Energieversorgung verfügen. Zunehmend werden auch MEMS, 20 das heißt elektronische Mikrosysteme mit mikromechanischen Komponenten, Sensoren, Aktoren als autonome Komplettsysteme entwickelt, die demzufolge eine in den Abmessungen und Parametern angepasste Batterie benötigen.

25 Kleine Batterien in den gemäß der vorliegenden Erfindung vorzugsweise herstellbaren Abmessungen (von unter 10mm, vorzugsweise unter 3mm Durchmesser bzw. Länge/Breite und in einer Dicke zwischen ca. 0.5 und 10 mm oder in jeder Dimension) und Kapazitäten zwischen vorzugsweise ca. 1 und 100 mAh werden 30 bisher nur als Knopfzellen hergestellt. Eine weitere Miniaturisierung ist mit dieser Technologie jedoch nicht möglich. Auch die volumenbezogene Energiedichte ist bei Abmessungen von wenigen Millimetern klein, da das Metallgehäuse und die Dichtung viel Platz einnimmt. Die wirtschaftliche

Integration in Mikrosysteme ist nicht gegeben. Eine direkte Verbindung zwischen Knopfzelle und Halbleiterchip ist nicht möglich. Das runde Blechgehäuse besitzt auf jeder Seite einen Kontakt und kann somit nicht einfach mit einem IC verbunden 5 werden.

Li-Polymerbatterien werden in der Regel durch Polymer-Aluminium-Verbundfolien verpackt. Das Polymermaterial muss ein thermoplastischer Werkstoff sein, damit er sich bei niedrigen 10 Temperaturen verschweißen lässt. Die Siegelnahrt muss dabei eine Breite von einigen Millimetern haben um den Dichtheits- und Zuverlässigkeitssanforderungen zu genügen. Bei sehr dünnen 15 Batterien wirkt sich die Dicke dieser Verkapselung negativ auf die Gesamtenergiedichte aus. Jede Batterieform benötigt eigene Werkzeuge zur Versiegelung, so dass neue Formen die Anschaffung 20 neuer Werkzeuge erfordern, wodurch die Kosten bei kleineren Stückzahlen stark steigen. Die JP 2001266952 beschreibt ein Verfahren zum Laminieren des Randbereichs von Li-Polymerbatterien. Aus der DE 010147562 A1 ist eine Vorrichtung 25 zum Versiegeln von Flachbatterien bekannt. Die US2003/0031926 A1 betrifft das Anordnen von Durchführungen in Polymer-Packages für Li-Flachbatterien.

Es ist eine Vielzahl von Lösungen vorgeschlagen worden, 25 Batterien auf Substraten durch Dünnfilmprozesse abzuscheiden. Es werden PVD, CVD und reaktive PVD-Verfahren sowie Maskentechnologien eingesetzt. Hierbei müssen sehr aufwendige Neuentwicklungen durchgeführt werden, und die kontinuierliche 30 Steigerung der Energiedichte in der konventionellen Batteriefertigung kann nicht genutzt werden. Die vakuumtechnische Herstellung der Batterieschichten, insbesondere des Elektrolyten dauert sehr lange und ist deshalb teuer. Dünnfilmbatterien übersteigen die Energiedichte heutiger Polymerbatterien. Die Gesamtenergie ist aber klein, da nur sehr

dünne Batterien (mit Abmessungen von einigen Mikrometern) zyklenstabil sind. Für höhere Speicherkapazitäten müssen viele derartige Batterien übereinander gestapelt werden, was die Kosten wiederum stark erhöht. Aus der US6,558,836 ist eine Struktur von 5 Dünnfilmbatterien bekannt. Die US2002/0071989 offenbart das Verkapseln von Dünnfilmbatterien. Die US 6,197,450 betrifft das Einbetten von Dünnfilmbatterien in Substrate. Die US 2002/0110733 und die US 2002/0092558 beschreiben mehrlagige 10 Dünnfilmbatterien. Gemäß der Lehre der WO 01/73866 werden Dünnfilmbatterien mit ionengestützten Prozessen abgeschieden. Dieses Verfahren benötigt keine Temperschritte und eignet sich deshalb auch zur Integration auf nicht temperaturstabilen 15 Substraten, z.B. Polymerfolien.

15 Es ist auch vorgeschlagen worden, Mikrobatterien mit Hilfe von Drucktechniken herzustellen, zum Beispiel mit Tintenstrahldrucken, siehe WO 01/80338.

In der Patentliteratur sind mehrere Beschreibungen vorhanden, 20 wie die Batterieintegration mit dem Halbleiter für eine effektive Kontaktierung und Anschluss an das integrierte Batteriemanagement genutzt werden können. So betrifft die JP 2002/291176 die Anschlussbelegung der Batterie im IC-Gehäuse, 25 und die US 6,432,577 offenbart eine Mikrobatterie, die komplett zwischen zwei Si-Chips integriert ist. Die aktiven Massen befinden sich dabei in wabenförmigen Si-Strukturen. Die Abdichtung erfolgt durch einen Wafer-Bond oder durch einen Epoxy-Dichtring.

30 Aufgabe der Erfindung ist es, Batterien auch mit sehr kleinen Abmessungen bereitzustellen, die eine den Dichtigkeitsanforderungen von Lithiumbatterien genügende Abdichtung/Verkapselung aufweisen, wobei die Abdichtung bzw. Verkapselung aber derart wenig zum Gesamtgewicht bzw. der

Gesamtdicke der Batterien beitragen soll, dass die erzielbare Gesamtenergiedichte bzw. Kapazität pro Volumen bzw. Gewicht der Gesamtbatteriekörper im wesentlichen nicht oder nur kaum davon beeinflusst wird. Der Einsatz von Werkzeugen, die in
5 Abhängigkeit von der Größe der herzustellenden Batterien neu konstruiert bzw. ausgetauscht werden müssen, um die Verkapselung herzustellen, soll vermieden werden. Die Verkapselung soll so ausgestaltet werden können, dass die Batterien bei Bedarf unmittelbar auf einem elektrischen Bauelement angeordnet werden
10 können oder in dieses integriert sind. Sie soll sich aber auch für übliche Folienbatterien eignen, insbesondere in Lithium-
Technologie. In einer spezifischen Ausgestaltung sollen die
erfindungsgemäßen Batterien für Chipkarten geeignet sein, wofür
ihre Gesamtdicke unter 0,6 mm liegen muß.

15 Die Aufgabe der Erfindung wird durch die Bereitstellung einer Batterie mit den üblichen Batterieelementen wie Kathode, Anode, Separator/Elektrolytschicht gelöst, die sich in Form von in der Regel flexiblen, einzelnen oder bereits zusammenlaminierten,
20 selbsttragenden oder von einem Hilfsträger abgezogenen Schichten oder Folien mit einer Einzelschichtdicke von vorzugsweise 10µm oder darüber in entsprechender Reihenfolge auf einem elektrisch nicht leitenden Substrat befinden, wobei die Elektroden mit geeigneten ausgebildeten Stromableiterschichten in Kontakt stehen.
25 Die Batterie ist in einer ersten Ausgestaltung dadurch gekennzeichnet, dass sie eine erste Abdeckschicht aus einem ersten, gegenüber dem verwendeten Elektrolyt- und Elektrodenmaterial beständigen, elektrisch isolierenden Material, das aus der Gasphase oder in Form einer Flüssigkeit
30 oder viskosen Paste aufgebracht wurde, und vorzugsweise eine zweite Abdeckschicht aus entweder einem Material wie voranstehend beschrieben oder einem zweiten, elektrisch leitfähigen Material, z.B. einem Metall oder einer Legierung, das ebenfalls aus der Gasphase oder in Form einer Flüssigkeit

oder viskosen Paste aufgebracht wurde, aufweist, die zusammen mit dem Substrat und, sofern vorhanden, (einer) weiteren Komponente(n), eine Verkapselung bildet/bilden, durch die die Batterie gegenüber der Außenwelt abgedichtet bzw. isoliert ist.

5 In einer zweiten Ausgestaltung sind die Batterie-Elemente zwischen dem elektrisch nicht leitenden Substrat sowie einem zweiten Substrat angeordnet, und die offenen Randbereiche zwischen diesen Substraten sind durch die eine oder die beiden oben genannten Abdeckschicht(en) verschlossen. Die 10 Abdeckschicht(en) besitzen Ausnehmungen oder Öffnungen, über die die Stromableiter der Batterie mit den äußeren Batteriekontakten in Verbindung stehen. Diese Ausnehmungen oder Öffnungen sind mit einem elektrisch leitenden Material, vorzugsweise mit Metall, gefüllt und damit vollständig abgedichtet.

15 Die einzelnen Elektroden- bzw. Separator-/Elektrolytschichten oder Folien bestehen aus dem elektrochemisch aktiven bzw. aktivierbaren Material sowie ggf. einer Polymermatrix (z.B. häufig bei üblichen Folienschichten und/oder bei mit 20 Drucktechniken vorstrukturierten Schichten) und/oder weiteren Hilfsstoffen. Unter dem Ausdruck "elektrochemisch aktives bzw. aktivierbares Material" sollen Materialien verstanden werden, die als aktive Batteriekomponenten eingesetzt werden, also vor allem elektronenleitende Materialien für die Elektroden und 25 ionenleitende Materialien für Elektrolytschichten. Die "aktiven" bzw. "aktivierbaren" Materialien der Separatorschichten müssen nicht zwingend leitfähig sein; diese Schichten umfassen oder bestehen aus Materialien, die den Durchtritt ionenleitender Flüssigkeiten bzw. der Ionen darin ermöglichen. Auch diese 30 Materialien sollen erfindungsgemäß unter den Ausdruck "aktive" bzw. "aktivierbare" Materialien fallen. Durch Ankontaktierung der Batterie wird das elektrochemisch aktivierbare Material dann aktiviert.

Für das Aufbringen der Abdeckschicht(en) bieten sich die Methoden des sog. Wafer-Level-Packaging an. Unter diesem Ausdruck ist die Anwendung von Verfahrensschritten zu verstehen, wie sie vor allem bei der Herstellung und Strukturierung von 5 Kontakt- und Verkapselungsschichten auf Halbleiterchips im Wafer-Verband, d.h. als scheibenförmiges Substrat gängig sind. Insbesondere sind hierunter Techniken zu verstehen, die das Aufbringen dünner und sehr dünner Schichten aus flüssiger Phase oder Gasphase umfassen, wie Beschichtungsverfahren (z.B. 10 Aufschleudern, Tauch- oder Sprühbeschichtung von mehr oder weniger viskosen Flüssigkeiten) sowie Plasma-, Vakuum- und 15 ionengestützte Abscheideverfahren. Die aufgebrachte(n) Abdeckschicht(en) wird/werden, soweit nötig, anschließend durch Strukturierungsschritte an den Stellen mit Öffnungen versehen, an denen sich die Stromableiterkontakte der Batterie befinden. 20 Die Öffnungen werden durch Einbringen von Metall oder anderem elektrisch leitendem Material wieder verschlossen, das den Stromfluss zwischen den Stromableitern und äußeren Batteriekontakten ermöglicht. Dieses Material kann ggf. auch in 25 Form einer (strukturierten) Beschichtung größere Bereiche der Abdeckschichten bedecken und dabei z.B. als Kontakt auch zu weiteren Komponenten oder zur Verbindung der gleichgerichteten Pole einer Mehr- oder sogar Vielzahl von parallel oder seriell geschalteten Batterien auf demselben Substrat eingesetzt werden.

25 Durch die Kombination des Einsatzes der in den letzten Jahren weit entwickelten, hochautomatisierbaren, materialsparenden und extrem effizienten Folientechnologie der Batteriefertigung mit den Prozessen des Wafer-Level-Packaging für das Versiegeln der 30 Batterien, die schneller sind als die konventionelle Siegeltechnologie und formunabhängig in universell einsetzbaren Vorrichtungen ablaufen, gelingt es, schnell und unaufwendig ein miniaturisiertes und formflexibles Package mit optimierter Leistungsdichte herzustellen. Insbesondere bei der Verwendung

von Plasma-, Vakuum- und ionengestützten Verfahren können viele Materialien mit sehr guten Barriereeigenschaften und sehr hoher mechanischer Stabilität und Haftung eingesetzt werden.

5 Mit der vorliegenden Erfindung ist es durch die Verbindung des Einsatzes etablierter Batterietechnologien mit einer integrierten Gehäusetechnologie insbesondere auch möglich, Chip-große Mikrosysteme von wenigen mm³ bereitzustellen. Das bereits vorhandene Substrat der elektronischen Schaltung bzw. der
10 Halbleiterchip dient dabei gleichzeitig als Unterseite des Gehäuses, die Oberseite des Gehäuses der Batterie wird durch
} eine nur wenige µm dicke Beschichtung (Verkapselung) oder auch
beispielsweise durch ein weiteres Substrat für einen gestapelten
Aufbau von mehreren Batterien oder einer Batterie in Kombination
15 mit einem oder mehreren anderen Elementen übereinander
realisiert. Die Substrate können z.B. Si-Chips in Form aktiver
Halbleiterschaltungen, partiell elektrisch leitfähige Substrate
oder Substrate mit Solarzellen sein. Beim Vorhandensein von zwei
Substraten dienen diese gleichzeitig der Verkapselung von Ober-
20 und Unterseite der Batterie und werden durch eine ein- oder
mehrschichtige Verkapselung der Randbereiche wie oben
beschrieben zwischen den Substraten geschlossen. Solche
Batterien können beispielsweise zur Energieversorgung eines
25 Halbleiter-Schaltkreises dienen. Eine Kombination aus
Solarzelle, Batterie und Halbleiterchip ergibt ein autonomes
Mikrosystem. Die elektrische Verbindung zwischen den äußeren
Chips und der Batterie erfolgt z.B. durch eine senkrecht zum
Stapelaufbau verlaufende, äußere Kontaktierungsstruktur. Es
können bei dieser Ausgestaltung auch Stacks oder andere
30 Anordnungen von übereinander gestapelten Batterien verwendet
werden, wobei die Abdeckung einer Batterie als isolierendes
Substrat für die nächste dient.

Eine derartige Miniaturisierung ist bisher nur bei Dünnfilmbatterien möglich gewesen, die durch vakuumtechnische Abscheideverfahren hergestellt werden. Diese Technologie ist aber bedingt durch komplizierte Prozesse und Anlagentechnik sehr 5 teuer und liefert, da die Schichtdicke der Elektroden auf ca. 1 μm begrenzt ist, nur geringe Kapazitäten. Deren Schichtdicken in den erfindungsgemäßen Batterien liegen dagegen bei mindestens 10 μm und sind in weiten Bereichen realisierbar, da die einzelnen Batteriefolien in variablen Dicken erzeugt werden können. Vorzugsweise sind die einzelnen Schichten bis ca. 50 μm 10 dick, ggf. auch noch dicker. Dagegen kann die Abdeckung in jedem Falle extrem dünn gehalten werden, so dass die erzielbaren Kapazitäten pro Volumeneinheit der Gesamtbatterie sehr niedrig sind.

15

Nachstehend soll die Erfindung anhand von Figuren und Ausführungsbeispielen näher erläutert werden, worin die Fig. 1 bis Fig. 8 die Herstellung von verkapselten Batterien in einer ersten erfindungsgemäßen Ausgestaltung darstellen, wobei 20 Fig. 1 ein Substrat mit hermetischen Durchkontakteierungen und mit einer darauf aufgebrachten Metallisierung von oben (Fig. 1a) und von der Seite (Fig. 1b) zeigt, die als äußerer Kontakt für die einzige oder unterste Elektrode und damit ggf. gleichzeitig als Stromableiter für die erste Elektrode (wenn diese keinen zusätzlichen eigenen Stromableiter aufweist) und außerdem als Kontaktstelle für die Weiterleitung von Strom aus der zweiten Elektrode dienen soll, 25 Fig. 1c zeigt, wie mehrere solcher Metallisierungen zur Herstellung einer Mehrzahl derartiger Batterien auf einem Substrat angeordnet werden können,

Fig. 2a und 2b dasselbe Substrat wie Fig. 1a, 1b mit der Metallisierung sowie einer ersten Elektrode zeigen,

5 Fig. 3a und 3b das mit den Komponenten gemäß Fig. 2a und 2b sowie einer Separator-Elektrolytschicht versehene Substrat zeigen,

Fig. 4a und 4b das mit den Komponenten gemäß Fig. 3a und 3b sowie einer Gegenelektrode versehene Substrat zeigen,

10 Fig. 5a und 5b das mit den Komponenten gemäß Fig. 5a, 5b sowie einer als oberer Stromableiter fungierenden Metallfolie versehene Substrat zeigen,

15 Fig. 6a und 6b das mit den Batteriekomponenten versehene Substrat gemäß Fig. 5a, 5b zeigen, das mit einer Verkapselungsschicht abgedeckt ist,

Fig. 7a den in Fig. 6a, 6b dargestellten Aufbau zeigt, dessen Verkapselungsschicht so strukturiert wurde, dass eine Kontaktierungsstelle des oberen Stromableiters freigelegt ist,

20 Fig. 7b ein mit mehreren Batteriestrukturen gemäß Fig. 6a, 6b versehenes Substrat zeigt, bei dem die Verkapselungsschichten mehrerer Batteriestrukturen gleichzeitig geöffnet wurden,

25 Fig. 8a den in Fig. 7a dargestellten Aufbau zeigt, dessen Stromableiter-Kontaktierungsstelle mit einer Metallschicht belegt ist, die einen Kontakt zur mit der zweiten Durchkontaktierung verbundenen Kontaktstelle herstellt,

30 Fig. 8b den in Fig. 7b dargestellten Aufbaus zeigt, bei dem die offenen Stromableiterkontakte aller vier Batteriestrukturen mit einer Metallschicht belegt sind, und die

Fig. 9a und 9b die Herstellung von verkapselten Batterien in einer zweiten erfindungsgemäßen Ausgestaltung darstellen, wobei Fig. 9a einen vorgefertigten, kompletten Batterie-Folienstapel auf einem Substrat zeigt und 5 Fig. 9b die fertig verkapselte Batterie darstellt.

Weiterhin stellen die Figuren dar:

Fig. 10a und 10b die Herstellung einer Öffnung zur 10 Separatorfolie/Elektrolytfolie in der Verkapselung zum nachträglichen Einfüllen von Elektrolytlösung,

Fig. 11 eine Ausgestaltung der erfindungsgemäßen verkapselten Batterie, bei der der obere Stromableiter ein durchgehendes Metallblech ist, das gleichzeitig als Schutzabdeckung dient, und 15 Fig. 12 eine zwischen zwei nichtleitenden Substraten angeordnete Batterie gemäß der vorliegenden Erfindung ist.

Ausgangspunkt für die Erzeugung der erfindungsgemäßen, 20 verkapselten Batterien ist in einer ersten Ausgestaltung der Erfindung eine nach den üblichen Methoden hergestellte Folienbatterie mit einem oder zwei äußeren Stromableitern, den 25 aktiven Massen von Anode und Kathode und dem Elektrolyt, beispiels- und vorzugsweise eine Li-Polymerbatterie hoher Energiedichte, die großflächig von Rolle zu Rolle hergestellt werden kann. In einer zweiten Ausgestaltung geht man von den einzelnen Elektroden und Elektrolytschichten oder -folien sowie Stromableitern aus, die auf Trägerschichten gehalten oder als freitragende Schichten verwendet werden. Letztere Variante wird 30 nachstehend unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 8 zuerst beschrieben, und zwar für Batterien, die auf einem Substrat angeordnet und auf ihrer Oberseite sowie seitlich mit einer sehr dünnen Verkapselung versehen werden:

In einem isolierenden Substrat 1, welches z.B. ein Si-Wafer, die Systemträgerfolie einer Chipkarte oder ein flexibles und relativ dünnes Polymersubstrat (vorzugsweise mit einer Dicke von ca. 20 bis 100 µm) sein kann, werden Batteriekontakte 2a, 2b für 5 beide Pole in Form einer Metallisierung hergestellt, siehe Fig. 1. Die Kontakte zur Weiterleitung können in beliebiger Form nach Bedarf gestaltet sein. Das Substrat besitzt in der dargestellten Ausgestaltung hermetisch dichte Durchkontaktierungen 3, um die Batteriekontakte auf die andere Seite zu überführen. Alternativ 10 können dies z.B. Kontakte sein, die durch eine Oberflächenisolation des Halbleiters führen, um an die darunter liegende Verdrahtung anzukontaktieren, oder die Kontakte können mit Leitbahnen oder Metallisierungen auf der Substratoberfläche seitlich weitergeführt bzw. zu einer anderen Komponente geleitet 15 werden.

Die Metallisierung erfolgt mit Hilfe eines geeigneten Verfahrens, wie es dem Fachmann zur Verfügung steht. Beispiele sind Sputtern, Aufdampfen, galvanisch Verstärken. Alternativ 20 kann auch eine dünne metallische Schicht auf dem Substrat aufgeklebt werden. Als Metall verwendet der Fachmann dasjenige, das er in konventionellen Batterien als den Ableiter in Form von Netzen oder Blechen einsetzen würde. Die Metallisierung erfolgt entweder als durchgehende Schicht, die anschließend strukturiert 25 wird, oder durch eine direkt strukturierende Deponierung, z.B. Siebdruck oder eine Abscheidetechnik wie Sputtern, Bedampfen, unter Verwendung geeigneter Schablonen.

Wie in Abb. 1c gezeigt wird, kann die Metallisierung so 30 strukturiert werden, dass eine Vielzahl von Batterien und ihrer Anschlüsse gleichzeitig auf einem Substrat angeordnet werden kann, z.B. in einer rechteckigen bzw. symmetrischen Anordnung wie gezeigt. Das Strukturieren kann chemisch oder physikalisch

erfolgen, z.B. durch Naß- oder Trockenätzen, z.B. reaktivem Ionenätzen, oder mit Hilfe einer Semiadditivtechnik.

In Fig. 2 ist der nächste Schritt gezeigt, bei dem die erste 5 Elektrode 4 auf die Batteriekontakte auflaminiert wird. In dieser Ausgestaltung kann der Batteriekontakt gleichzeitig die Funktion der untersten Stromableiterlage übernehmen; bei Bedarf oder wenn gewünscht (z.B., wenn bereits vorlaminierte, mit eigenen Stromableitern versehene Batterieelemente bzw. 10 Elektroden eingesetzt werden) kann zwischen der Metallisierung und der ersten Elektrode aber auch noch ein zusätzlicher Stromableiter vorhanden sein bzw. aufgebracht werden. Die Elektrodenschicht (Anode oder Kathode) kann z.B. auf einem Hilfsträger bzw. auf einer Trägerfolie abgeschieden und bei 15 Bedarf bereits vor dem Aufbringen in geigneter Weise strukturiert worden sein; sie kann aber auch selbsttragend sein. Die Elektrode ist aus dem hierfür geeigneten Elektrodenmaterial hergestellt, wie aus dem Stand der Technik bekannt. Das 20 Elektrodenmaterial kann in Kombination mit einer organischen Matrix und/oder mit verschiedenen funktionalen Zusätzen, z.B. zur Erhöhung der Leitfähigkeit, oder, bei ausreichender Flexibilität des verwendeten anorganischen Materials, ohne 25 Zusatz vorliegen. Die ggf. erfolgte Abscheidung auf einem Hilfsträger kann mit beliebigen Verfahren durchgeführt sein, z.B. durch Aufstreichen einer Paste oder mit drucktechnischen Verfahren. Die Schicht kann zuerst durchgehend gebildet und nachträglich wie erforderlich strukturiert werden, z.B. in eine Vielzahl von Rechtecken, wie z.B. für das Beispiel der Fig. 1 bis 8 benötigt. Die Strukturierung erfolgt z.B. durch 30 subtraktiven Abtrag vom Hilfsträger, was sich mit Hilfe mechanischer Verfahren wie Kratzen, Wasserstrahlbearbeitung, Laserbearbeitung, chem. Ätzen oder dergleichen bewerkstelligen lässt. Alternativ können die Elektrodenschichten durch ein Druckverfahren wie Siebdruck gleich in der richtigen Form

aufgebracht werden. Anschließend wird die Elektrode auflaminiert (oder, in selteneren Fällen, mit einem elektrisch leitenden Kleber aufgeklebt), und der Hilfsträger wird, soweit vorhanden, abgezogen. Sind mehrere Batterien in gleicher Höhe auf dem 5 Substrat angeordnet, erfolgt dieser Schritt vorzugsweise gleichzeitig mit allen Batteriestrukturen. Unter dem Ausdruck "Auflaminieren" ist dabei vor allem eine Technik zu verstehen, bei der die Schichten oder Folien unter Druck und bei erhöhten Temperaturen auf die jeweilige Unterlage aufgebracht werden. 10 Besonders dann, wenn sich organische thermoplastische Polymere in den Schichten befinden, kann dabei eine innige Verbindung mit den Nachbarschichten erfolgen

In einer alternativen Ausgestaltung werden die z.B. chipgroßen 15 Elektroden ausgestanzt und (mit oder ohne Hilfsträger) mit einem Chipbonder direkt auf dem Substrat mit Stromableiter einzeln auflaminiert oder gebondet.

Fig. 3 zeigt das Aufbringen des Elektrolyten bzw. der Separator-20 Elektrolytschicht 5. Diese Schicht kann ein in Bezug auf Ionenleitung neutrales, saugfähiges Material sein, das zu einem späteren Zeitpunkt mit Elektrolytlösung befüllt wird, oder es kann sich um einen Festkörperelektrolyten handeln, der mit oder 25 ohne zusätzliche ionenleitende Flüssigkeit als Elektrolytschicht fungiert, wie aus der Technik bekannt. Diese Schicht kann entweder freitragend sein und nach dem Aufbringen auf der Elektrodenschicht 4 strukturiert werden, oder es erfolgt auf dem Hilfsträger eine Vorstrukturierung. Die hierfür einsetzbaren Verfahren sind die gleichen, die für das Aufbringen (vor allem 30 Laminieren, ggf. auch Kleben) und ggf. für das Strukturieren der ersten Elektrode genutzt werden können und voranstehend für diese beschrieben sind. Statt dessen können auch fotostrukturierbare Elektrolyte eingesetzt werden, die ganzflächig aufgebracht werden und anschließend durch Belichten

und Entwickeln in Größe der einzelnen Batterien strukturiert werden.

Fig. 4 illustriert das Aufbringen der Gegenelektrode 6. Die 5 Herstellung erfolgt mit den gleichen Verfahrensschritten wie die der ersten Elektrode. Die Elektrodenmaterialien werden vom Fachmann in geeigneter Weise gewählt.

Wie aus Fig. 5 ersichtlich, erfolgt sodann das Aufbringen des 10 oberen Stromableiters 7. Dies kann z.B. durch Auflaminieren von vorstrukturierten Metallfolien erfolgen, die ggf. auch wieder auf einem Hilfsträger aufgebracht sein können, oder durch 15 Strukturieren einer durchgehenden, selbst tragenden Schicht oder aber auch strukturierte Deponierung (Bedampfung, Siebdruck und andere Verfahren) direkt auf die Gegenelektrode. Bezuglich der letzten genannten Verfahren wird auf die Ausführungen zum Aufbringen der ersten Batteriekontakte (2a, 2b) verwiesen.

In Fig. 6 ist das Aufbringen einer Verkapselungs- bzw. 20 Passivierungsschicht dargestellt.

Vor dem Aufbringen der Passivierung kann bei Bedarf eine 25 Trocknung des Batteriesubstrats in einem Inertgasofen erfolgen. Die Passivierung hat in der Regel eine ganz entscheidende Bedeutung für die Zuverlässigkeit und Haltbarkeit der Batterie. So darf im Fall von Li-Ionenbatterien keine Feuchtigkeit, kein Sauerstoff, Stickstoff oder CO₂ mit den Elektroden oder dem Elektrolyten in Berührung kommen. Es muß also eine Beschichtung erfolgen, die eine äußerst geringe Permeationsrate für diese 30 Spezies aufweist. Anforderungen an die Dichtheit können in besonderen Fällen mit einer einzigen Schicht realisiert werden; in der Regel empfiehlt sich jedoch ein Mehrschichtaufbau, insbesondere ein solcher aus zwei Schichten. Im letzteren Fall

muss nur die erste Schicht elektrisch isolierend sein, während im weiteren Schichtstapel auch Metalle eingesetzt werden können.

Selbstverständlich muss jede Schicht der Passivierung mit
5 Verfahrensschritten aufgebracht werden, bei denen die Substrattemperatur so klein bleibt, dass die Batterie nicht geschädigt wird. Empfehlenswert ist es in der Regel, eine Höchsttemperatur von 80-120°C im wesentlichen einzuhalten und höchstens kurzzeitig zu überschreiten. Jedoch sind manche
10 Batteriesysteme speziell für höhere Temperaturen ausgelegt und damit bis ca. 200 °C Verarbeitungstemperatur geeignet.

Aufgrund der Empfindlichkeit der Li-Batterien sollten die in den
Fig. 1 bis 5 beschriebenen Prozesse bei der Herstellung solcher Batterien alle unter Innertgasbedingungen oder im Vakuum
15 erfolgen. Für Wafer-Prozesse können die üblichen, unter Vakuum arbeitenden Handlingmaschinen und Ausrüstungen verwendet werden. Soweit die Erfindung auf weniger empfindliche Batterien angewendet werden soll, sind diese Vorgaben natürlich nicht zwingend.

20 Da während der ersten Zyklen eine Gasung der Batterie auftreten kann, ist es empfehlenswert, die Batterie zunächst mit
zusätzlichem flüssigem Elektrolyten zu füllen, falls dies
vorgesehen ist, dann unter Innertbedingungen (z.B. im
25 Trockenraum) zu formieren und im Vakuum zu lagern, um alle Gasreste zu beseitigen und erst im Anschluss daran zu verkapseln. Zu diesem Zweck werden alle Batterien auf einem Substrat mit einem Kontaktadapter ankontakteiert. Bei sowohl bei Primär- als auch bei Sekundärbatterien ist auch eine Voralterung
30 der Batterie (Lagerung bei erhöhten Temperaturen) möglich, bevor die Passivierung hergestellt wird. Eine Alternative zu diesem Vorgehen ist im Zusammenhang mit der Beschreibung der Figur 10 erläutert.

Für die oder mindestens für die erste Abdeckschicht muss ein Material verwendet werden, welches gegenüber dem verwendeten Elektrolyten und den verwendeten Elektroden beständig ist. Das Material wird aus einer mehr oder weniger viskosen, flüssigen 5 Phase oder der Gasphase aufgebracht. Möglich ist z.B. das Aufdampfen von Parylen, die Plasmapolymerisation verschiedener anorganisch-organischer Barriereschichten, die Abscheidung von Al_2O_3 , SiO_2 , SiO_yN_x , bei relativ geringen Temperaturen (empfehlenswert: bei oder unter 80°C), Aufschleudern, Tauch- und 10 Sprühbeschichtung von Epoxidharzen und deren UV-Härtung, aber auch von anderen Materialien, die elektrisch nichtleitend, temperaturbeständig und strukturierbar sind, letzteres vorzugsweise photostrukturierbar mit Hilfe von UV-Licht oder anderen Strahlungsquellen.

15 Die erste oder einzige Passivierungs- oder Verkapselungsschicht sollte eine gute Haftung zu Substrat und Batterie besitzen und eine gute mechanische Stabilität und Elastizität aufweisen, um Dehnungen aufnehmen zu können, die sich durch geringfügige 20 Volumenveränderungen der Batterie beim Zyklen oder Lagern ergeben können. Die Dicke der Passivierung liegt vorteilhaft zwischen 1 und ca. 100 μm , besonders bevorzugt zwischen 2 und ca. 30 μm . Da es in vielen Fällen unvermeidlich ist, dass die 25 Schichten Poren aufweisen, wird zur Vermeidung von möglichen Lecks auf der ersten Passivierungs- oder Verkapselungsschicht vorzugsweise mindestens eine zweite Schicht aufgebracht. Hier können auch elektrisch leitfähige Schichten verwendet werden, die wie oben für die Ableiterschichten beschrieben auf der ersten Passivierungsschicht abgeschieden werden können. 30 Vorzugsweise erfolgt eine Bedampfung mit Aluminium; es kann aber auch ein Sputter- oder anderes Verfahren und/oder ein anderes Metall oder eine Mischung/Legierung von Metallen verwendet werden. Gegebenenfalls kann statt dessen eine zweite isolierende Passivierungsschicht aus den oben beschriebenen Materialien

aufgebracht werden. Bei Bedarf oder auf Wunsch können sich eine oder mehrere elektrisch leitende und/oder isolierende Schichten anschließen. Sinnvoll ist eine Schichtfolge von zuerst zwei elektrisch isolierenden Schichten, auf die erst eine 5 Metallisierung und dann eine abschließende Polymerschicht aufgebracht werden.

Wenn die Abscheidung der hermetischen Verkapselung im Vakuum erfolgt, wird nach dem Ausschleusen gleichzeitig der für die 10 Funktion der Batterie günstige Anpressdruck durch den Luftdruck erzielt.

Das Verkapseln geschieht vorzugsweise durch Aufbringen einer durchgehenden Schicht über die seitlichen und oberen Flächen der 15 Batterie hinweg, so dass die Verkapselungsschicht zusammen mit dem Substrat eine vollständige und dichte Umhüllung um die Batterieelemente schafft. In dieser bevorzugten Ausgestaltung müssen nachträglich Wege für die Kontakte geschaffen werden. Wie in Fig. 7 dargestellt, werden hierfür zunächst Öffnungen in der 20 Verkapselungsschicht hergestellt, welche die Stromableiter 9 freilegt. Bei geschicktem räumlichen Aufbau ist nur eine Öffnung vonnöten. Günstig ist es dabei, wenn die Stromableiter 9 über die eigentliche Batterie hinausragen, so dass bei einem z.B. 25 mechanischen Freilegen der Kontakte durch die Öffnung 10, welches mit einem Sägeschnitt oder dgl. erfolgen kann, die aktiven Bereiche der Batterie weiterhin vollständig verkapselt bleiben.

Das Öffnen der Passivierung kann durch beliebige geeignete 30 Verfahren erfolgen. Günstig sind beispielsweise Plasmaprozesse wie reaktives Ionenätzen, Ionenbeschuß, nasschemisches Ätzen oder mechanische Verfahren (Fräsen, Wafersäge, Wasserstrahl) oder eine Bearbeitung mittels Laser. Da es sich um einen geschichteten Aufbau handelt, können auch mehrere Verfahren

nacheinander angewendet werden. Auf diese Weise kann z.B. auch das Freilegen einer größeren Fläche des Metalls im Vergleich zu der Isolatorlage in einer eine metallische Schicht enthaltenden Verkapselung erzielt werden, um elektrische Kurzschlüsse beim 5 Herstellen der Kontaktierung zu vermeiden. Wird beispielsweise die Öffnung mit einer Wafersäge oder Fräse herbeigeführt, lassen sich durchgehende Gräben 10 erzeugen, die die Kontakte gleich mehrerer Batterien öffnen, wie in Abb. 7b gezeigt ist. Beim Naß- oder Trockenätzen ist ein Lithographieschritt zur Übertragung 10 des Kontaktbildes notwendig. Hier können in einfacher Weise Maskenprozesse eingesetzt werden, da nur jeweils 2 Kontakte pro Batterie benötigt werden und sich somit alle Toleranzen der Justierung und Abmessungen der Einzelbatterien ohne weiteres ausgleichen lassen.

15

Über die erzielten Öffnungen erfolgt anschließend eine elektrische Ankontaktierung, wie in Fig. 8 gezeigt. Hierfür werden Metalle 11 abgeschieden und strukturiert, die eine Verbindung zwischen den Stromableiterkontakten 9 und den 20 eigentlichen Batteriekontakten 2a, 2b oder 3 herstellen. Dies kann durch Aufdampfen oder Sputtern von Metallen oder Legierungen wie Al, TiW, Cu erfolgen. Die Strukturierung erfolgt in bekannter Weise, z.B. durch Lithographie oder Schwebemasken. Auch möglich ist das Bonden von Drahtbrücken.

25

In Fig. 9 ist eine alternative Herstellung des Gesamtsystems dargestellt, wobei die elektrochemisch aktiven Elemente (Anode, Elektrolyt, Kathode), gegebenenfalls bereits zusammen mit Stromableitern (in Fig. 9 als weiße Balken ohne Bezifferung 30 dargestellt), in einem vorlaminierten Folienstapel eingesetzt werden. Dieser ist in Fig. 9a mit 14 bezeichnet. Der Stapel wird in Batterien geeigneter Größe vereinzelt, vorzugsweise in chipgroße Einzelbatterien, und diese werden auf das Trägersubstrat aufgebracht. Dies kann durch ein gängiges

Verfahren erfolgen, beispielsweise durch Laminieren oder durch Kleben. Statt dessen kann der Folienstapel ganzflächig auf das Trägersubstrat oder den Wafer aufgebracht und anschließend in Batterien geeigneter Größen, z.B. in Chipgröße, vereinzelt 5 werden. Wiederum können gängige Verfahren eingesetzt werden, beispielsweise Fräsen, Wafersägen, Wasserstrahl-Bearbeitung, Laserbearbeitung oder dgl.. Dabei ist es empfehlenswert, dass möglichst an mindestens einer Batterieseite schräge Kanten 15 hergestellt werden. Anschließend wird der gesamte Batteriestapel 10 durch Schichtdeponierung wie oben im Zusammenhang mit den Erläuterungen zu Fig. 7 beschrieben verkapselt. Für die Verfahren zum Aufbringen der Verkapselungsschicht(en) sowie die 15 dafür einsetzbaren Materialien gilt das voranstehend Gesagte. Es können bei Bedarf dabei auch unterschiedliche Materialien an den Flanken 16 und auf der Oberseite 17 verwendet werden. So kann 20 die Randisolation 16 z.B. auch durch Dispensieren erfolgen. Bei diesem Verfahren handelt es sich um das Aufbringen einer wulstartigen Polymerschicht aus einer Kanüle, die entlang aller Batterieränder bewegt wird. Das Material wird dabei so aufgebracht, dass eine vollständige Benetzung des Batterierands mit Polymer vom Substrat bis zur Oberkante der Batterie erfolgt. 25 Anschließend werden in diese seitlichen Verkapselungsschichten wie oben erläutert Öffnungen strukturiert, die das Ankontaktieren der Stromableiterfolie ermöglichen. Dabei liegen jeweils alle Öffnungen übereinander, die zum positiven Batteriekontakt (18) oder negativen Batteriekontakt (19) gehören. Anschließend werden die elektrischen Verbindungen 30 zwischen den einzelnen Stromableiterfolien und den Batteriekontakten 2a, 2b, 3 durch Aufbringen von strukturierten Metallschichten 11 hergestellt, ebenfalls wie oben beschrieben.

Erfolgt die Strukturierung der Kontaktöffnungen über eine Maskenlithographie, sollten in Richtung der übereinanderliegenden Stromableiterfolien sehr genaue Toleranzen

eingehalten werden. Günstig ist deshalb eine Strukturierung der Chipbatterien auf dem gemeinsamen Substrat mit hoher Genauigkeit. Beim Montieren vorher vereinzelter Batterien auf dem Substrat müssen nämlich sehr hohe Justiergenauigkeiten eingehalten werden. Da alle Batterien an der gleichen Seite ankontaktiert werden können, muss diese Toleranz nur in einer Richtung eingehalten werden. Ein Beispiel: Bei einer Dicke der Stromableiterfolie zwischen 10 und 20 μm und einem Böschungswinkel der Batterie von 60° sollte die Justiergenauigkeit besser $\pm 3 \mu\text{m}$ sein.

In Fig. 10 ist eine Variante der vorliegenden Erfindung dargestellt, bei der Elektrolytflüssigkeit erst in die Batterie eingefüllt werden soll, wenn die Batterie bereits verkapselt ist. Wie aus Fig. 10a ersichtlich, kann in diesem Fall gleichzeitig mit dem Öffnen der Kontakte (Fig. 7, 10) oder auf Wunsch auch davor oder danach eine Öffnung 12 bis zur Elektrolyt/Separatorfolie hergestellt werden. Das Verschließen der Elektrolytöffnung erfolgt nach dem Einfüllen mit einer zusätzlichen Abscheidung 13 eines Polymers oder Metalls, oder gleichzeitig mit der Abscheidung der Kontaktmetalle 11 (Fig. 8), siehe Fig. 10b. Weil die Batterie in dieser Ausgestaltung der Erfindung zum Zeitpunkt der Verkapselung frei von Elektrolytlösung und damit von leichtflüchtigen Lösemitteln ist, können für alle vorhergehenden Schritte höhere Prozesstemperaturen angewendet werden. Solche Temperaturen sind natürlich auch immer dann möglich, wenn die Batterie völlig lösungsmittelfrei arbeitet, also eine reine Festkörperbatterie ist.

Fig. 11 zeigt einen alternativen Aufbau. In dieser Ausgestaltung besitzt die obere Stromableiterfolie die Gestalt eines durchgehenden Metallblechs, welches gleichzeitig als obere Verkapselung genutzt wird. Es muss somit lediglich am Rand eine

elektrisch isolierende Verkapselung 21 aufgebracht werden. Dies kann durch Dispensieren oder alle anderen genannten Verfahren (Abb. 6, Abb. 9) erfolgen.

5 In Fig. 12 ist ein gestapelter Aufbau, bestehend aus einer Batterie 14, die zwischen zwei Substraten 1 angeordnet ist, dargestellt. Die Batterie hat in dieser Figur mehrere Schichtungen; selbstverständlich ist auch eine Batterie aus nur einer Elektrolytfolie mit zwei Elektroden möglich. Die Substrate 10 können beispielsweise Si-Chips in Form aktiver Halbleiterschaltungen, partiell elektrisch leitfähige Substrate oder Substrate mit Solarzellen sein. Die Substrate dienen der Verkapselung und werden durch eine Verkapselung des Randbereichs zwischen den Substraten geschlossen, wie sie voranstehend für 15 oben unabgedeckte Batterien beschrieben wurde. Es wird deshalb auf die voranstehenden Ausführungen zum Verkapseln mit einer Verkapselungsschicht 24, den dafür eingesetzten Methoden und Materialien und zum Öffnen und Wiederverschließen der Verkapselungsschicht(en) verwiesen. Die mit Metall gefüllten 20 Öffnungen 18, 19 dienen der Ankontaktierung der einzelnen Stromableiterfolien. Solche Batterien können beispielsweise zur Energieversorgung von Halbleiter-Schaltkreisen dienen. Die Kombination aus Solarzelle, Batterie und Halbleiterchip ergibt 25 ein autonomes Mikrosystem. Die elektrische Verbindung zwischen den äußeren Chips und der Batterie kann durch eine senkrecht zum Stapelaufbau verlaufende, äußere Kontaktierungsstruktur 23 erfolgen.

* * *

Ansprüche:

1. Batterie mit einem elektrisch nicht leitenden Substrat (1), auf dem sie angeordnet ist, umfassend weiterhin mindestens eine Kathode (4), eine Anode (6), und eine Separator-/Elektrolytschicht (5), die sich in Form von aus elektrochemisch aktivem bzw. aktivierbarem Material und ggf. einer Polymermatrix und/oder weiteren Hilfsstoffen vorgeformten Schichten oder Folien in entsprechender Reihenfolge auf dem Substrat (1) befinden, wobei die Schichtdicke jeder Elektrodenschicht $\geq 10 \mu\text{m}$ ist, mindestens einen Stromableiter (7) und mindestens einen Batteriekontakt (2, 2a, 2b), die jeweils in elektrischem Kontakt mit einer Elektrode stehen, dadurch gekennzeichnet, dass die Batterie mindestens eine erste Abdeckschicht (8, 16, 17, 21) aus einem ersten, gegenüber dem verwendeten Elektrolyt- und Elektrodenmaterial beständigen, elektrisch isolierenden Material, das aus der Gasphase oder in Form einer Flüssigkeit oder viskosen Paste aufgebracht wurde, aufweist, die zusammen mit dem Substrat und ggf. (einer) weiteren Komponente(n) eine Verkapselung bildet, durch die die Batterie gegenüber der Außenwelt abgedichtet ist und die mindestens eine mit einem elektrisch leitenden Material verschlossene Ausnehmung (11, 18, 19) besitzt, die mit mindestens einem Stromableiter (7) der Batterie in Verbindung stehen.
2. Batterie nach Anspruch 1, die auf der ersten Abdeckschicht eine zweite Abdeckschicht aus entweder einem Material wie für die erste Abdeckschicht definiert oder einem zweiten, elektrisch leitfähigen Material, das ebenfalls aus der Gasphase oder in Form einer Flüssigkeit oder viskosen Paste aufgebracht wurde, umfasst.

3. Batterie nach Anspruch 2, umfassend eine erste, eine zweite und eine vierte Abdeckschicht aus einem ersten, gegenüber dem verwendeten Elektrolyt- und Elektrodenmaterial beständigen, elektrisch isolierenden Material, das aus der Gasphase oder in Form einer Flüssigkeit oder viskosen Paste aufgebracht wurde, und eine dritte Abdeckschicht aus einem zweiten, elektrisch leitfähigen Material, das ebenfalls aus der Gasphase oder in Form einer Flüssigkeit oder viskosen Paste aufgebracht wurde, wobei das erste Material der ersten, zweiten und vierten Abdeckschicht gleich oder verschieden sein kann.
4. Batterie nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie von einem zweiten, elektrisch nicht leitenden Substrat (1) als weitere Komponente abgedeckt ist, derart, dass die offenen Randbereiche zwischen diesen Substraten durch die Abdeckschicht(en) verschlossen ist/sind.
5. Batterie nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass sie von einem Stromableiter in Form eines durchgehenden Metallblechs (22) als weiterer Komponente abgedeckt ist, derart, dass die offenen Randbereiche zwischen dem Substrat (1) und dem Stromableiter (22) durch die Abdeckschicht(en) verschlossen ist/sind.
6. Batterie nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (1) oder die Substrate (1) (ein) Silicium-Wafer, die Systemträgerfolie einer Chipkarte oder (ein) flexible(s) Polymersubstrat(e) ist/sind.
7. Batterie nach einem der Ansprüche 1 bis 4 und 6, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest der obere oder oberste Stromableiter (7) die Form einer flexiblen, vorgefertigten Folie besitzt.

8. Batterie nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der auf dem Substrat (1) angeordnete Batteriekontakt (2) die Form einer Metallisierung oder einer auf das Substrat aufgeklebten metallischen Schicht besitzt.
9. Batterie nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Metallisierung oder metallische Schicht derart strukturiert ist, dass sie neben dem genannten Batteriekontakt (2a) einen zweiten, vom genannten Batteriekontakt getrennten Batteriekontakt (2b) für die Gegenelektrode bildet, der sich außerhalb der Verkapselung befindet, und dass das Substrat (1) ggf. Durchkontakte (3) besitzt, die von beiden Batteriekontakten (2a, 2b) durch das Substrat hindurch wegführen.
10. Batterie nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Material der einen oder mindestens einer mit einem elektrisch leitenden Material verschlossenen Ausnehmung (18, 19) über eine Schicht aus elektrisch leitendem Material (11) mit dem zweiten Batteriekontakt (2b) in leitendem Kontakt steht oder dass dieses Material (11) Bestandteil der genannten, mit dem zweiten Batteriekontakt (2b) in leitendem Kontakt stehenden Schicht aus elektrisch leitendem Material (11) ist.
11. Batterie nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das elektrisch leitende Material, mit dem die Ausnehmung(en) verschlossen ist/sind, ein Metall oder eine Metalllegierung ist.

12. Batterie nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste, elektrisch isolierende Material der Abdeckschicht ausgewählt ist unter Parylen, nichtleitenden, anorganisch-organischen Polymermaterialien mit Barriereeigenschaften, Al_2O_3 , SiO_2 , SiO_yN_x , und Epoxidharzen.
13. Batterie nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine mehrfache Abfolge von Elektroden (15) und Separator-/ Elektrolytschichten in Form von flexiblen, aus elektrochemisch aktivem bzw. aktivierbarem Material und ggf. einer Polymermatrix und/oder weiteren Hilfsstoffen vorgeformten Folien besitzt, wobei jeweils ein Stromableiter zwischen zwei gleichgerichteten und eine Separator-/ Elektrolytschicht zwischen zwei gegengerichteten Elektroden angeordnet sind und wobei alle Stromableiter, die mit den Elektroden gleicher Polung in Kontakt stehen, mit jeweils einer mit einem elektrisch leitenden Material verschlossenen Ausnehmung (18, 19) in Kontakt stehen, und wobei die Ausnehmungen (18, 19) mit strukturierten Metallisierungen (11) in leitendem Kontakt stehen, derart, dass ein leitender Kontakt zwischen jeweils den elektrisch gleichgerichteten Stromableitern und einem von zwei Batteriekontakten (2a, 2b) und/oder einer von zwei Durchkontaktierung(en) (3) vorhanden ist, die durch das Substrat (1) hindurch wegführen.
14. Mehrzahl von Batterien nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jede der Batterien auf demselben, elektrisch nicht leitenden Substrat (1) angeordnet ist.

15. Mehrzahl von Batterien nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektroden, Elektrolytschichten und Stromableiter jeder Batterie in derselben Ebene liegen.
16. Auf einem Siliciumwafer oder -chip befindliches System mit eigener Energieversorgung, umfassend mindestens eine Batterie nach einem der Ansprüche 1 bis 13 oder eine Mehrzahl von Batterien nach Anspruch 14 oder 15, wobei das elektrisch nichtleitende Substrat (1) der Batterie(n) Teil des Siliciumwafers oder -chips ist.
17. System nach Anspruch 16, weiterhin umfassend mindestens eine Solarzelle, die vorzugsweise auf der gegenüberliegenden Seite des oder eines der Substrat(e) (1) angeordnet ist.
18. Verfahren zum Herstellen einer Batterie nach einem der Ansprüche 1 bis 13, umfassend die folgenden Schritte:
 - (i) Bereitstellen eines Substrates (1),
 - (ii) Aufbringen einer Batteriekontakt-Schicht (2) auf das Substrat (1),
 - (iii) Aufbringen einer Elektrodenschicht (4),
 - (iv) Aufbringen einer Separator-/ Elektrolytschicht (5) auf die Elektrodenschicht (4)
 - (v) Aufbringen einer Gegenelektrodenschicht (6) auf die Separator-/ Elektrolytschicht (5)
 - (vi) Aufbringen einer Stromableiterschicht (7), wobei die Schritte (ii) bis (vi) nacheinander oder gleichzeitig erfolgen können oder wobei zuerst Schritt (ii) und sodann gleichzeitig die Schritte (iii) bis (vi) erfolgen können, oder wobei zuerst Schritt (ii) erfolgt und sodann die Schritte (iii) bis (vi) gleichzeitig oder nacheinander in geeigneter Reihenfolge mehrfach wiederholt werden,
 - (vii) Aufbringen einer erste Abdeckschicht (8, 16, 17, 21) aus einem ersten, gegenüber dem verwendeten

Elektrolyt- und Elektrodenmaterial beständigen, elektrisch isolierenden Material aus der Gasphase oder in Form einer Flüssigkeit oder viskosen Paste und gegebenenfalls einer zweiten Abdeckschicht aus entweder einem Material wie für die erste Abdeckschicht definiert oder einem zweiten, elektrisch leitfähigen Material, das ebenfalls aus der Gasphase oder in Form einer Flüssigkeit oder viskosen Paste aufgebracht wird, und gegebenenfalls weiteren Abdeckschichten aus dem ersten oder dem zweiten Material, derart, dass diese Abdeckschicht(en) zusammen mit dem Substrat und ggf. (einer) weiteren Komponente(n) eine Verkapselung bildet/bilden, durch die die Batterie gegenüber der Außenwelt abgedichtet ist,

5 (viii) Abtragen von Material der Abdeckschicht(en) derart, dass mindestens eine durchgehende Ausnehmung (11, 18, 19) entsteht, die mindestens einen Stromableiter (7) der Batterie freilegt, und
10 (ix) Verschließen der Ausnehmung(en) (11, 18, 19) mit einem elektrisch leitenden Material.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass
25 eine strukturierte Schicht aus elektrisch leitendem Material auf zumindest einer der mit elektrisch leitendem Material verschlossenen Ausnehmung(en) (11, 18, 19) abgeschieden wird, derart, dass dieses Material einen leitenden Kontakt zwischen der (einzig) Ausnehmung oder denjenigen Ausnehmungen, die mit den dem Batteriekontakt (2a) gegengepolten Stromableitern (7) in Kontakt stehen, und dem
30 getrennten Batteriekontakt (2b) herstellt.

20. Verfahren nach Anspruch 19, worin die Schritte (iii) bis (vi) gleichzeitig oder nacheinander mehrfach ausgeführt werden, derart, dass man dabei jeweils einen Stromableiter zwischen zwei gleichgerichteten und eine Separator-/Elektrolytschicht zwischen zwei gegengerichteten Elektroden angeordnet erhält, wobei das Abtragen von Material der Abdeckschicht(en) gemäß Schritt (viii) derart erfolgt, dass im wesentlichen alle Stromableiter (7) der Batterie freigelegt werden, dass anschließend alle Ausnehmung(en) (18, 19) gemäß Schritt (ix) mit einem elektrisch leitenden Material verschlossen werden und dass ein leitender Kontakt (11) zwischen allen Stromableitern, die mit Elektroden gleicher Polung in Kontakt stehen, und dem zugehörigen Batteriekontakt (2a, 2b) und/oder einer der beiden Durchkontaktierung(en) (3) hergestellt wird.
21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass das Verschließen der Ausnehmungen (18, 19) und das Herstellen eines leitenden Kontakts (11) in aufeinander folgenden Schritten oder in einem einzigen Schritt durch das Aufbringen einer strukturierten Metallisierung erfolgt.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Batteriekontakt-Schicht (2) durch Abscheiden von Metall aus der Gasphase und insbesondere durch Vakumbeschichten aufgebracht wird.

23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Batteriekontakt-Schicht (2) derart strukturiert aufgebracht oder nach dem Aufbringen strukturiert wird, dass sie neben dem genannten Batteriekontakt (2a) einen zweiten, vom genannten Batteriekontakt getrennten Batteriekontakt (2b) für die Gegenelektrode bildet, der sich außerhalb der Verkapselung befindet, wobei als Substrat (1) ein solches verwendet wird, das Durchkontaktierungen (3) besitzt, die derart angeordnet sind, dass sie von beiden Batteriekontakten (2a, 2b) durch das Substrat hindurch wegführen.

24. Verfahren zum Herstellen einer Mehrzahl von Batterien nach einem der Ansprüche 14 oder 15, umfassend die folgenden

Schritte:

- (i) Bereitstellen eines Substrates (1),
- (ii) Aufbringen einer strukturierten Batteriekontakt-Schicht mit jeweils zwei Kontakten (2a, 2b) pro vorgesehener Batterie auf dem Substrat (1),
- (iii) Aufbringen einer strukturierten Elektrodenschicht mit jeweils einer Elektrodenfläche (4) pro vorgesehener Batterie,
- (iv) Aufbringen einer strukturierten Separator-/Elektrolytschicht mit jeweils einer Separator-/Elektrolytfläche (5) pro vorgesehener Batterie derart, dass diese die Elektrodenflächen (4) der Schicht aus Schritt (iii) im wesentlichen oder genau abdecken oder geringfügig über diese überstehen,
- (v) Aufbringen einer strukturierten Gegenelektrodenschicht mit jeweils einer Elektrodenfläche (6) pro vorgesehener Batterie derart, dass diese die Separator-/Elektrolytflächen (5) der Schicht aus Schritt (iv) im wesentlichen oder

genau abdecken oder im Vergleich zu diesen
geringfügig zurückstehen,

(vi) Aufbringen einer strukturierten Stromableiterschicht
mit jeweils einer Stromableiterfläche (7) pro
vorgesehener Batterie derart, dass diese die
darunterliegende Elektrodenfläche (4, 6) im
wesentlichen oder genau abdecken oder geringfügig
über diese überstehen,

wobei die Schritte (ii) bis (vi) nacheinander oder
gleichzeitig erfolgen können oder wobei zuerst Schritt (ii)
und sodann gleichzeitig die Schritte (iii) bis (vi) erfolgen
können, oder wobei zuerst Schritt (ii) und sodann die
Schritte (iii) bis (vi) gleichzeitig oder nacheinander in
geeigneter Reihenfolge mehrfach wiederholt werden,

5 (vii) Aufbringen einer ersten Abdeckschicht (8, 16, 17, 21)
aus einem ersten, gegenüber dem verwendeten
Elektrolyt- und Elektrodenmaterial beständigen,
elektrisch isolierenden Material aus der Gasphase
oder in Form einer Flüssigkeit oder viskosen Paste
und gegebenenfalls einer zweiten Abdeckschicht aus
entweder einem Material wie für die erste
Abdeckschicht definiert oder einem zweiten,
elektrisch leitfähigen Material, das ebenfalls aus
der Gasphase oder in Form einer Flüssigkeit oder
viskosen Paste aufgebracht wird, und gegebenenfalls
weiteren Abdeckschichten aus dem ersten oder dem
zweiten Material, derart, dass diese
Abdeckschicht(en) zusammen mit dem Substrat und ggf.
(einer) weiteren Komponente(n) eine separate
Verkapselung für jede Batterie bildet/bilden, durch
die die Batterien gegenüber der Außenwelt abgedichtet
sind,

(viii) Abtragen von Material der Abdeckschicht(en) derart, dass mindestens eine durchgehende Ausnehmung (11, 18, 19) pro Batterie entsteht, die mindestens einen Stromableiter (7) dieser Batterie freilegt, und

5 (ix) Verschließen der Ausnehmung(en) (11, 18, 19) mit einem elektrisch leitenden Material.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil der oder alle Schritte (iii) bis (vi) durch das Aufbringen von auf einem Hilfsträger befindlichen, vorstrukturierten Materialien erfolgt.

0 26. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass die vorstrukturierten Materialien durch ein Druckverfahren auf den Hilfsträger aufgebracht oder mit Hilfe lithographischer Verfahren und Ätzverfahren oder durch Verfahren wie Laserstrukturierung, Wasserstrahlbearbeitung oder mechanischen Abtrag auf dem Hilfsträger strukturiert wurden.

5 27. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass das Abtragen mechanisch durch Erzeugen von durchgehenden Gräben (19) erfolgt, wobei jeder Graben gleichzeitig mehrere Stromableiter (7) freilegt.

25 28. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil der oder alle Schritte (iii) bis (vi) durch das Aufbringen von durchgehenden Schichten erfolgt, die nach dem Aufbringen strukturiert werden.

30 29. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Strukturierungen mit Hilfe von lithographischen Verfahren, Ätzververfahren und/oder Maskenprozessen erfolgen.

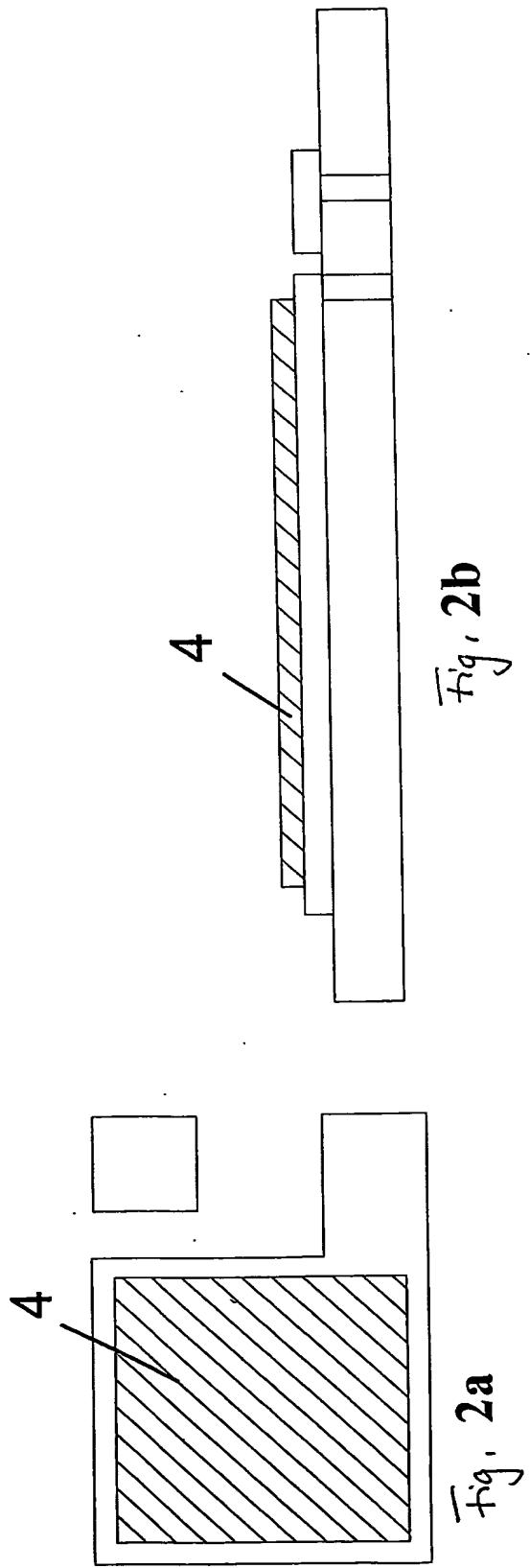
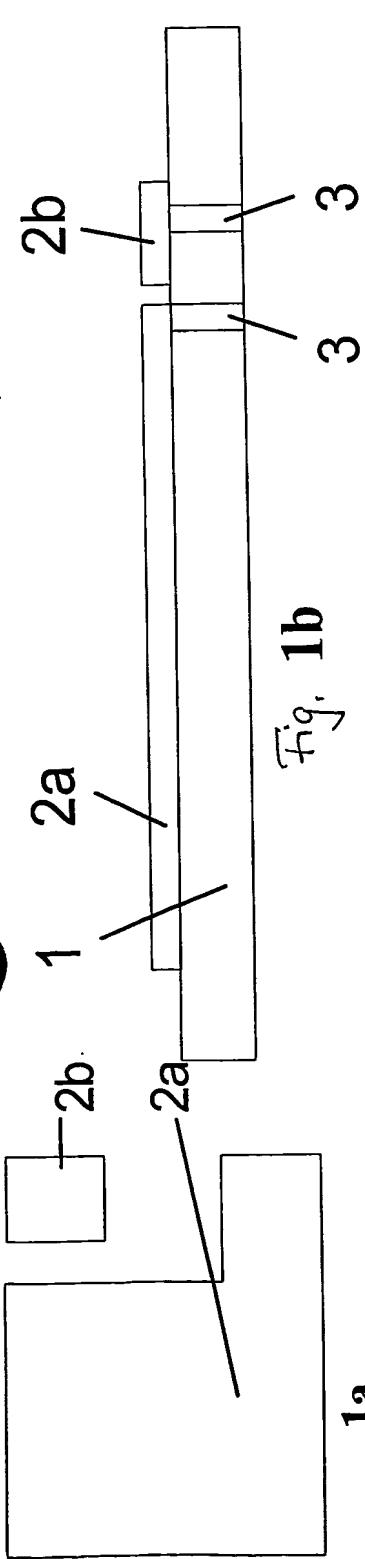
30. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die durchgehenden Schichten auf einem Hilfsträger aufliegend aufgebracht und sodann dieser entfernt wird.
31. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Materialien der Schichten (4, 5, 6 und/oder 7) selbsttragende Folien sind.
32. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 31, worin die Schichten (4, 5, 6 und/oder 7) auflaminiert werden.
33. Verfahren nach Anspruch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, dass das Strukturieren der Batteriekontakt-Schicht (2) durch ein mechanisches Verfahren wie Wasserstrahlbearbeitung, durch Laserbearbeitung, chemisch, durch chemisches Ätzen, durch galvanische Verfahren und/oder mit Hilfe von Masken erfolgt.
34. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Aufbringen der ersten Abdeckschicht eine Trocknung in einem Inertgasofen oder im Vakuum erfolgt.
35. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass die Separator-/Elektrolytschicht und die Elektrodenschichten mit Elektrolytflüssigkeit gefüllt werden und die Batterie formiert wird, bevor die Verkapselung erfolgt.

36. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass neben dem Abtragen von Material der Abdeckschicht(en) gemäß Schritt (vii) zur Freilegung mindestens eines Stromableiters weiteres Material von dieser/diesen Schicht(en) abgetragen wird, derart, dass eine Freilegung der Separator-/ Elektrolytschicht erfolgt, wobei die freigelegte Separator-/ Elektrolytschicht mit Elektrolytlösung befüllt und die durch die Abtragung entstandene(n) Ausnehmung(en) anschließend wieder verschlossen wird/werden.

37. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass das Abtragen von Material der Abdeckschicht(en) gemäß Schritt (vii) durch plasmagestützte Verfahren, insbesondere reaktives Ionenätzen oder Ionenbeschuß, durch nasschemisches Ätzen, durch Laserbearbeitung oder durch ein mechanisches Verfahren wie Sägen, Fräsen oder Wasserstrahlbearbeitung erfolgt, wobei die Ätzverfahren ein Lithographieschritt zur Übertragung des Kontaktbildes umfassen.

38. Verfahren zum Herstellen einer Batterie nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass mit Hilfe des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 24 bis 37 eine Mehrzahl von Batterien hergestellt wird und diese anschließend durch Trennen des Substrates zwischen den Batterien vereinzelt werden.

* * *



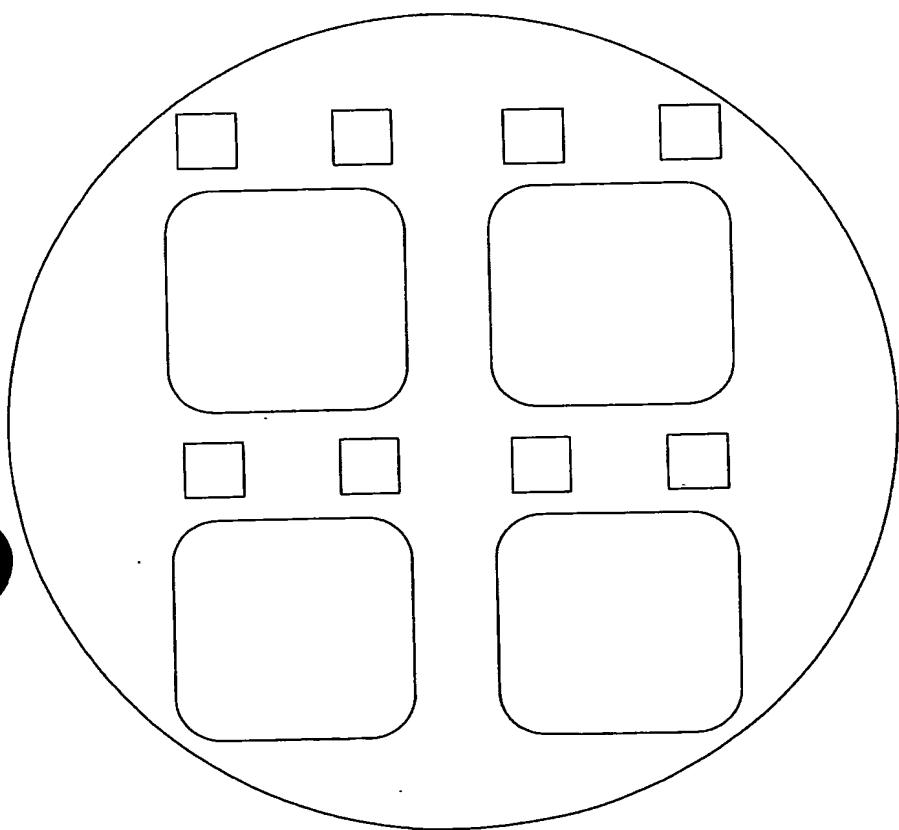


Fig. 1c

5

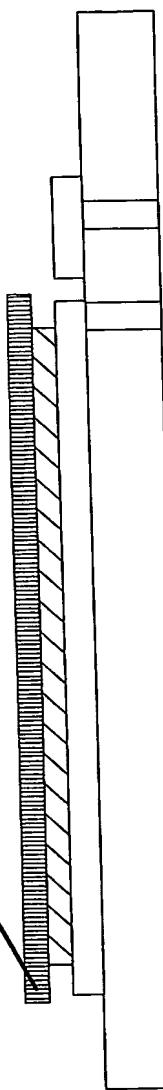


Fig. 3b

6

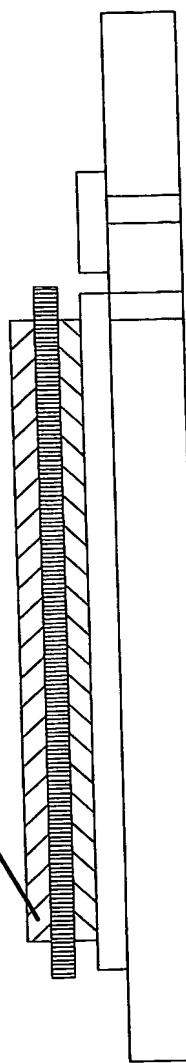


Fig. 4b

5

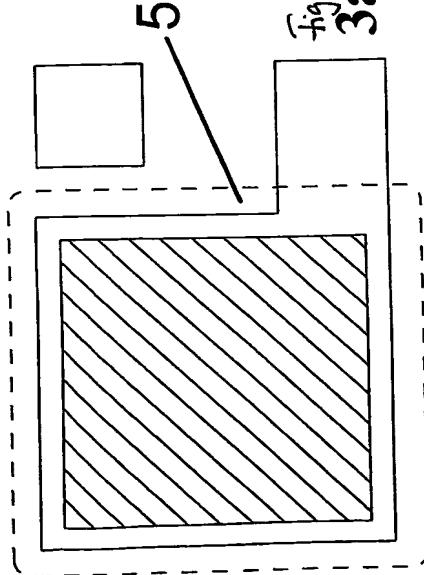


Fig. 3a

6

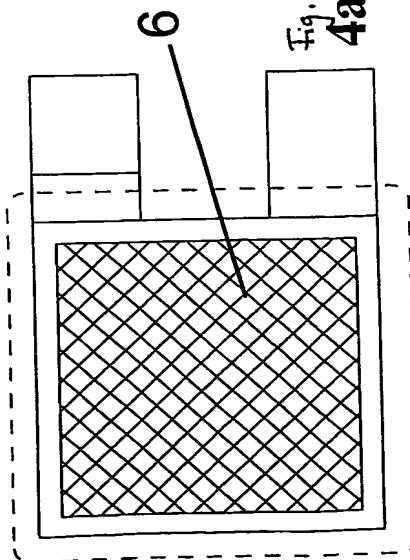
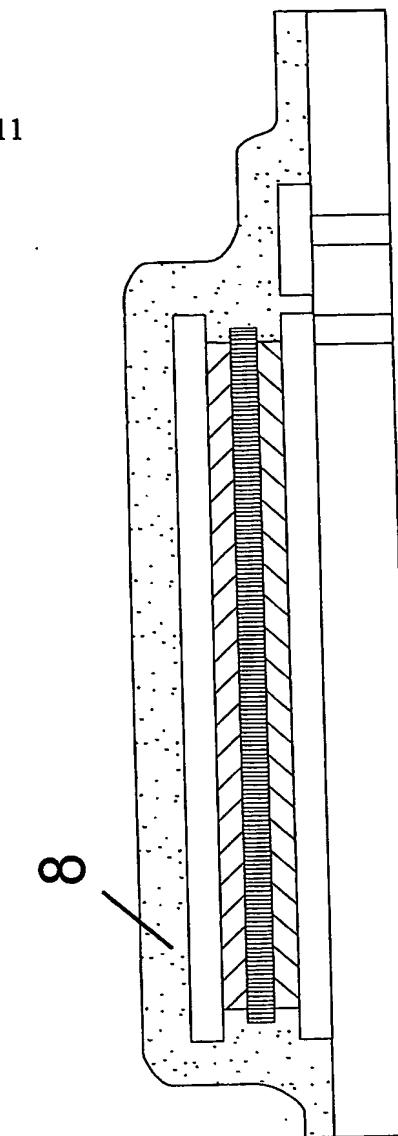
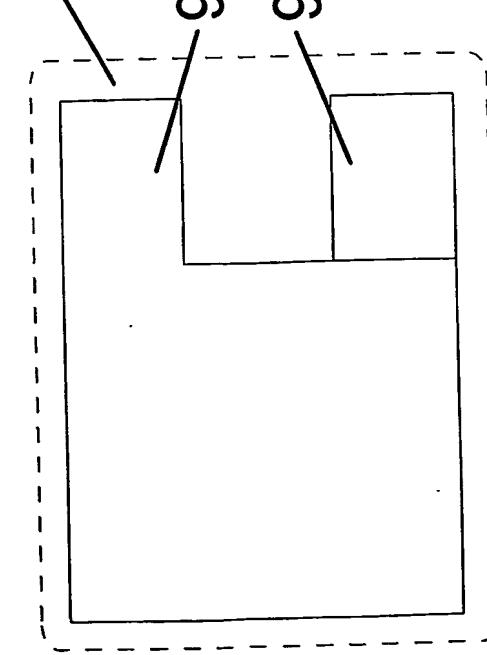
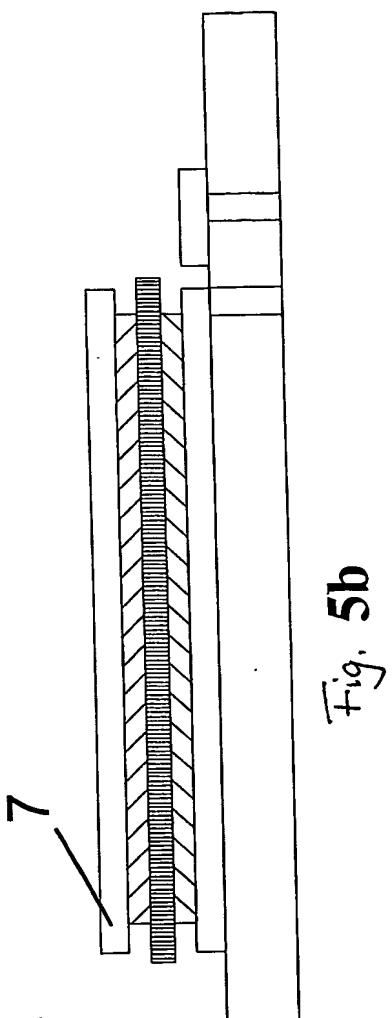
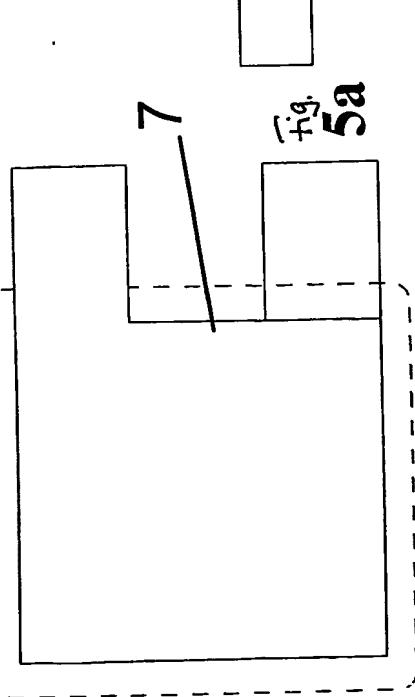


Fig. 4a



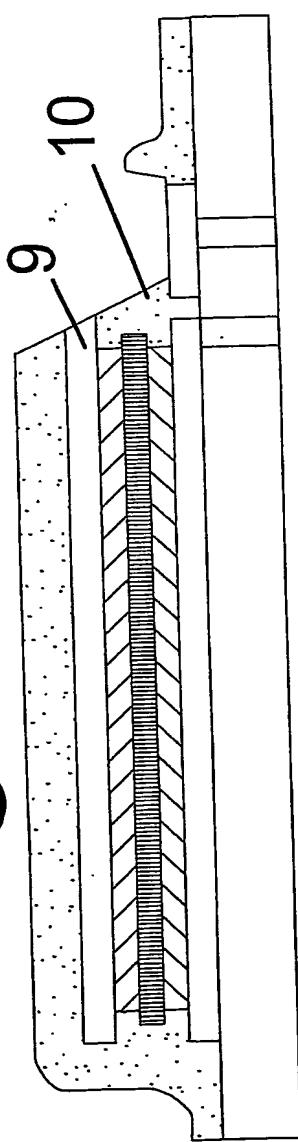


Fig. 7a

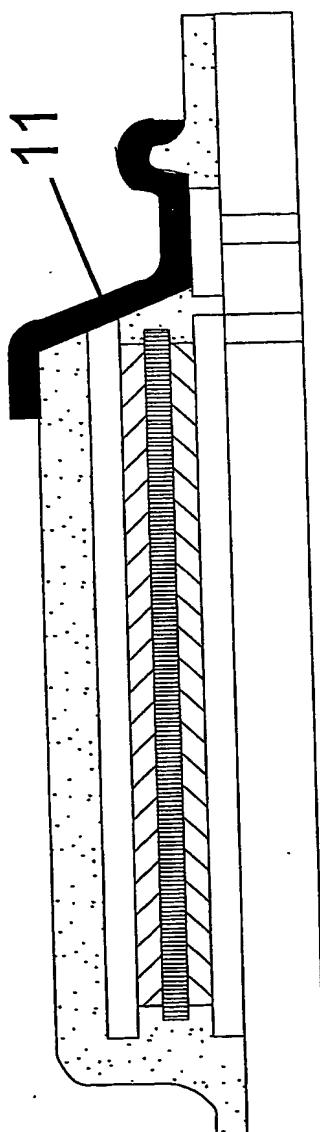


Fig. 8a

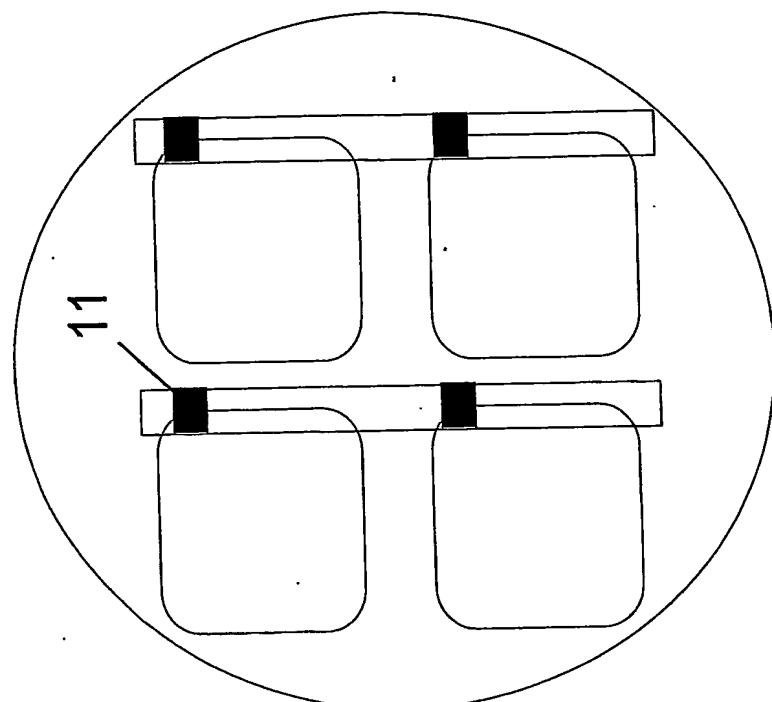


Fig. 8b

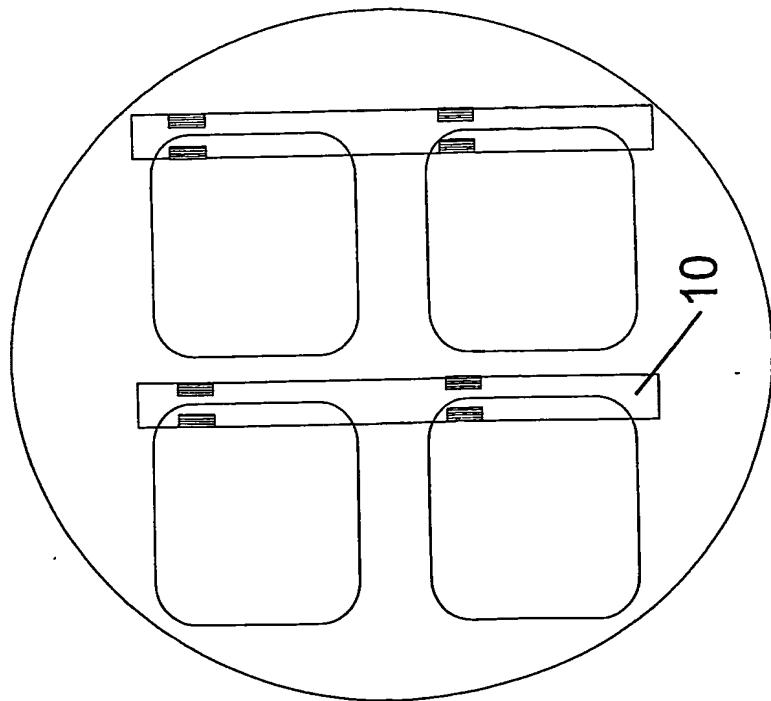


Fig. 7b

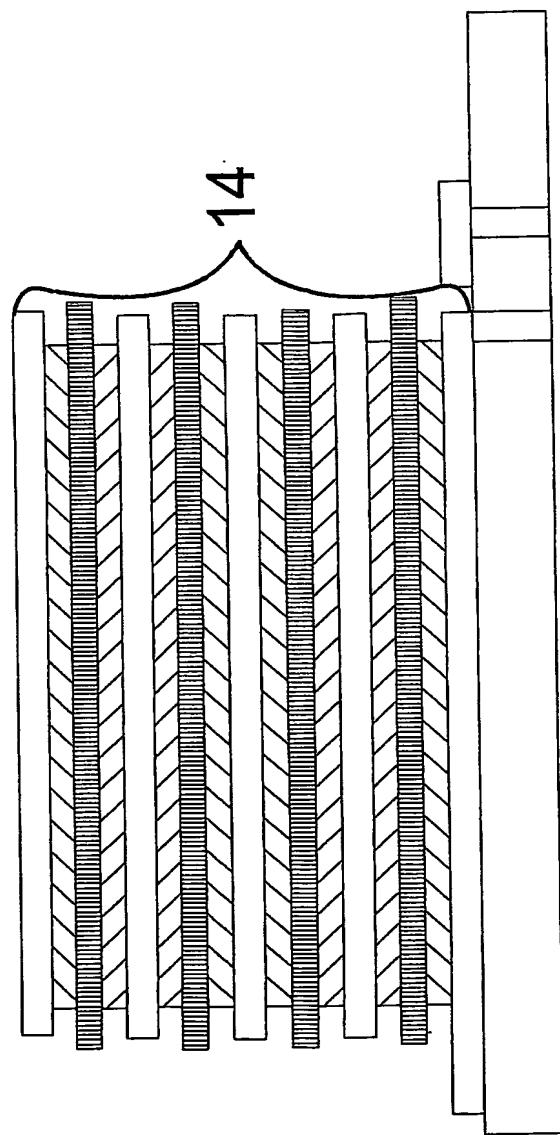
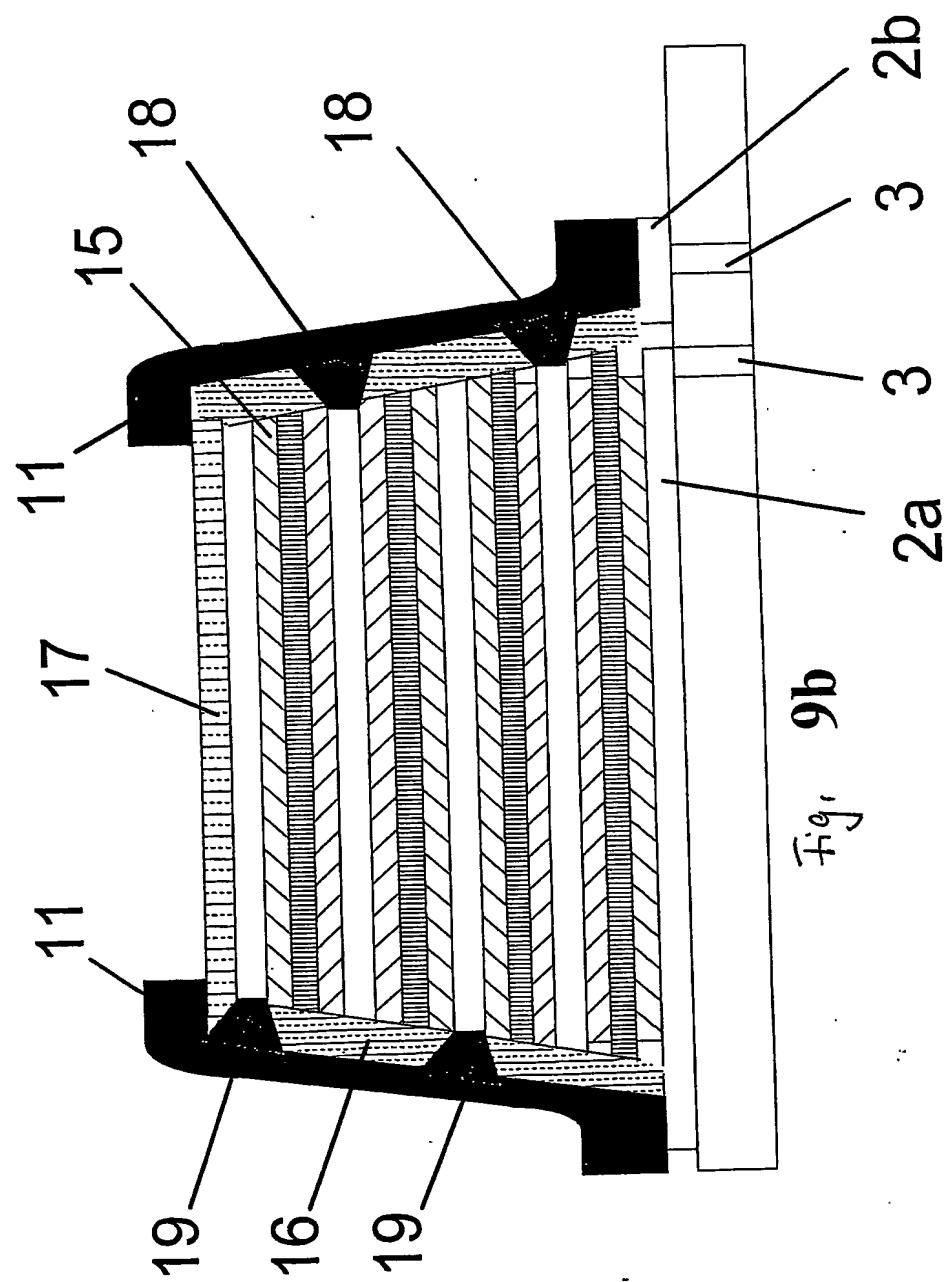


Fig. 9a



12

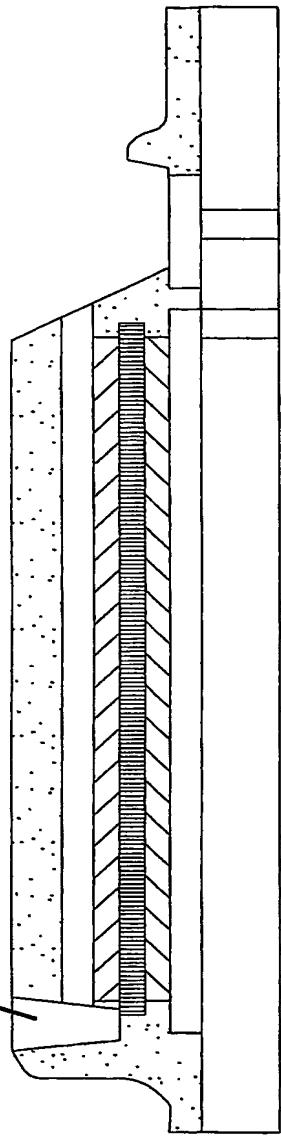


Fig. 10a

13

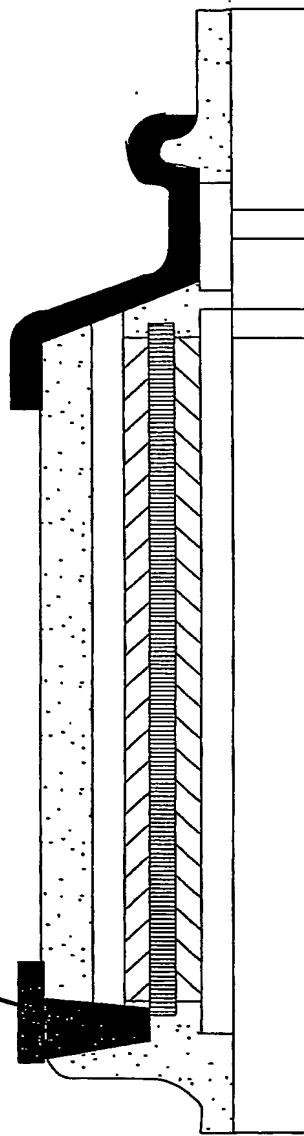
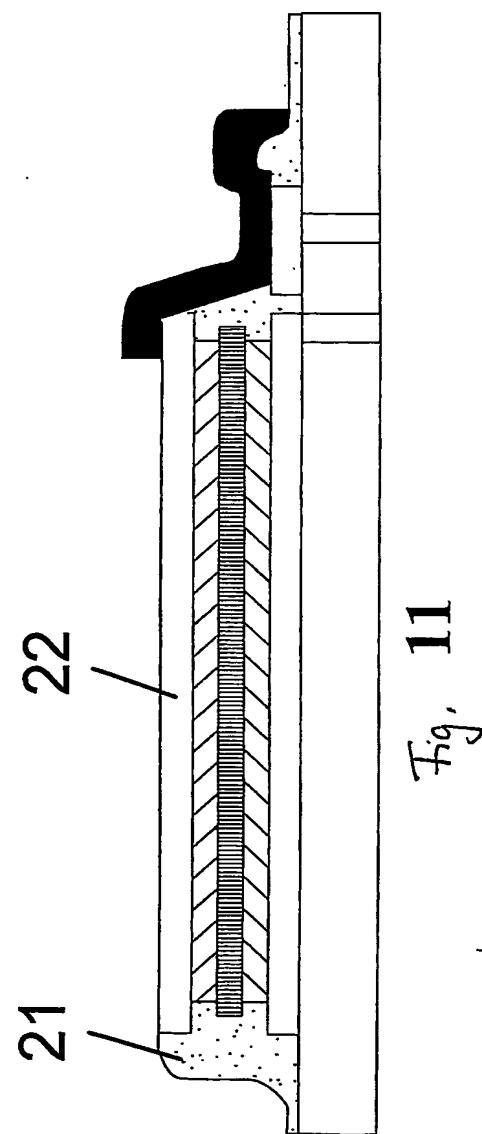
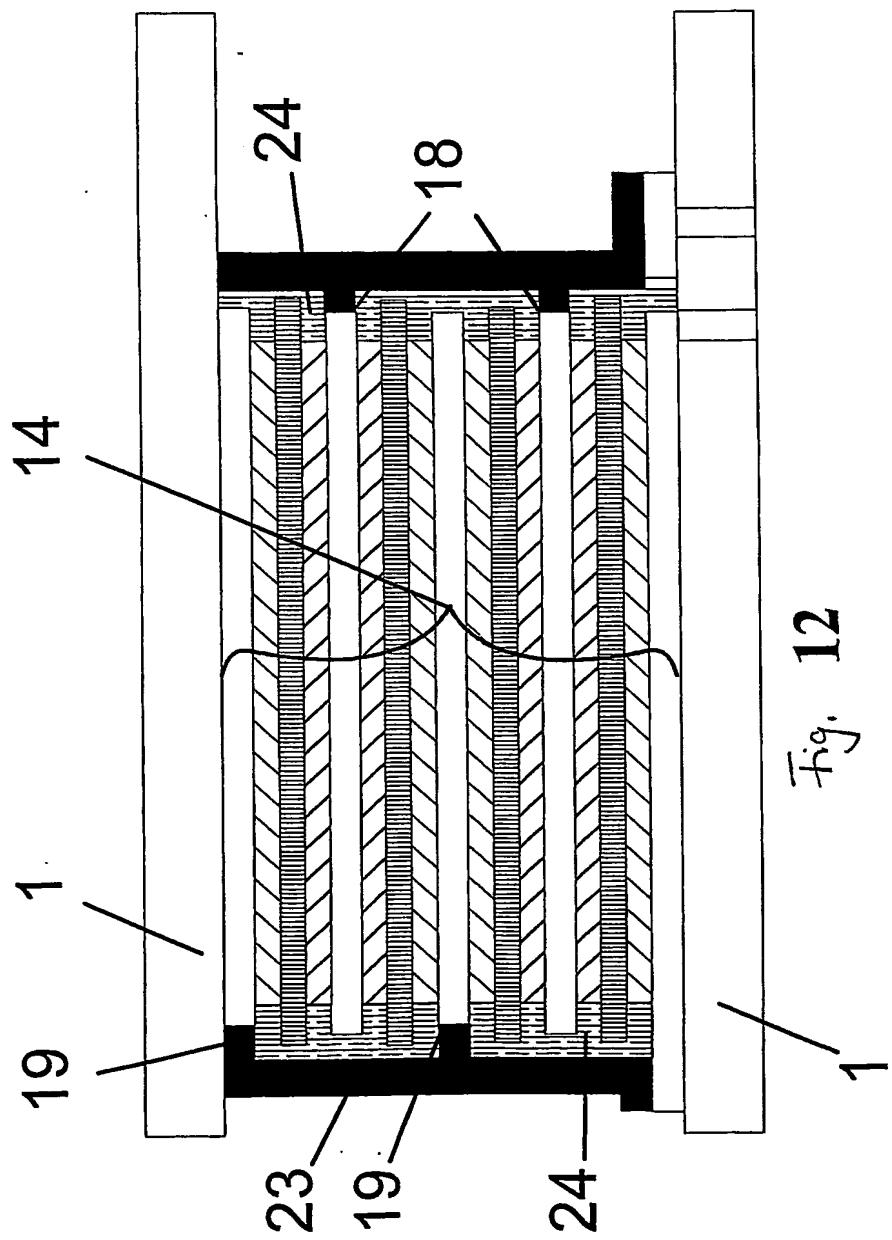


Fig. 10b







Batterie, insbesondere Mikrobatterie, und deren Herstellung mit Hilfe von Wafer-Level-Technologie

5 Die Erfindung betrifft eine Batterie mit einem elektrisch nicht leitenden Substrat (1), auf dem sie angeordnet ist, umfassend weiterhin mindestens eine Kathode (4), eine Anode (6), und eine Separator-/ Elektrolytschicht (5), die sich in Form aus elektrochemisch aktivem bzw. aktivierbarem Material und ggf. 10 einer Polymermatrix und/oder weiteren Hilfsstoffen vorgeformten Schichten oder Folien in entsprechender Reihenfolge auf dem Substrat (1) befinden, wobei die Schichtdicke jeder Elektrodenschicht $\geq 10 \mu\text{m}$ ist, mindestens einen Stromableiter (7) und mindestens einen Batteriekontakt (2, 2a, 2b), die jeweils in 15 elektrischem Kontakt mit einer Elektrode stehen, wobei die Batterie dadurch gekennzeichnet ist, dass sie mindestens eine erste Abdeckschicht (8, 16, 17, 21) aus einem ersten, gegenüber dem verwendeten Elektrolyt- und Elektrodenmaterial beständigen, elektrisch isolierenden Material, das aus der Gasphase oder in 20 Form einer Flüssigkeit oder viskosen Paste aufgebracht wurde, aufweist, die zusammen mit dem Substrat und ggf. (einer) weiteren Komponente(n) eine Verkapselung bildet, durch die die Batterie gegenüber der Außenwelt abgedichtet ist und die 25 mindestens eine mit einem elektrisch leitenden Material verschlossene Ausnehmung (11, 18, 19) besitzt, die mit mindestens einem Stromableiter (7) der Batterie in Verbindung stehen. Die Erfindung betrifft des weiteren eine Mehrzahl solcher Batterien auf demselben Substrat sowie Verfahren zur Herstellung der genannten Batterien mit Hilfe von Wafer-Level- 30 Techniken.

(Figur 8a)

* * *

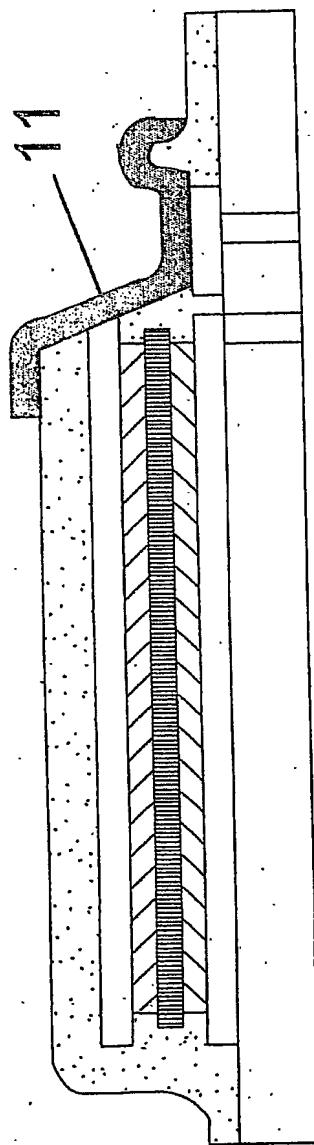


Fig. 8a

PCT-ANTRAG

Original (für EINREICHUNG)

VIII-3-1	<p>Erklärung: Berechtigung, Priorität zu beanspruchen</p> <p>Erklärung hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, zum Zeitpunkt des internationalen Anmelde datums, eine Priorität zu beanspruchen, in Fällen, in denen der Anmelder nicht der Anmelder der früheren Anmeldung, deren Priorität beansprucht wird, ist oder in Fällen, in denen sich der Name des Anmelders seit dem Einreichen der früheren Anmeldung geändert hat (Regeln 4.17 Ziffer iii und 51bis.1 Absatz a Ziffer iii):</p> <p>Name</p>	<p>In bezug auf diese internationale Anmeldung</p> <p>Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. ist kraft des nachfolgend Aufgeführten berechtigt, die Priorität der früheren Anmeldung Nr. 103 46 310.0 zu beanspruchen:</p>
VIII-3-1(i) i)		Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. ist berechtigt, als Arbeitgeber des Erfinders, HAHN, Robert
VIII-3-1(i) x)	Diese Erklärung wird abgegeben im Hinblick auf	alle Bestimmungsstaaten

PCT-ANTRAG

Original (für EINREICHUNG)

VIII-4-1	<p>Erklärung: Erfindererklärung (nur im Hinblick auf die Bestimmung der Vereinigten Staaten von Amerika) Erfindererklärung (Regeln 4.17(iv) und 51bis.1(a)(iv)) nur im Hinblick auf die Bestimmung der Vereinigten Staaten von Amerika:</p> <p>Ich erkläre hiermit an Eides Statt, daß ich nach bestem Wissen der ursprüngliche, erste und alleinige Erfinder (falls nachstehend nur ein Erfinder angegeben ist) oder Miterfinder (falls nachstehend mehr als ein Erfinder angegeben ist) des beanspruchten Gegenstandes bin, für den ein Patent beantragt wird.</p> <p>Diese Erklärung wird im Hinblick auf und als Teil dieser internationalen Anmeldung abgegeben (falls die Erklärung zusammen mit der Anmeldung eingereicht wird).</p> <p>Ich erkläre hiermit an Eides Statt, daß mein Wohnsitz, meine Postanschrift und meine Staatsangehörigkeit den unter meinem Namen aufgeführten Angaben entsprechen.</p> <p>Ich bestätige hiermit, daß ich den Inhalt der oben angegebenen internationalen Anmeldung, einschließlich ihrer Ansprüche, durchgesehen und verstanden habe. Ich habe im Antragsformular dieser internationalen Anmeldung gemäß PCT Regel 4.10 sämtliche Auslandsanmeldungen angegeben und habe nachstehend unter der Überschrift "Frühere Anmeldungen" unter Angabe des Aktenzeichens, des Staates oder Mitglieds der Welthandelsorganisation, des Tages, Monats und Jahres der Anmeldung, sämtliche Anmeldungen für ein Patent bzw. eine Erfinderurkunde in einem anderen Staat als den Vereinigten Staaten von Amerika angegeben, einschließlich aller internationalen PCT-Anmeldungen, die wenigstens ein anderes Land als die Vereinigten Staaten von Amerika bestimmen, deren Anmeldetag dem der Anmeldung, für welche Priorität beansprucht wird, vorangeht.</p>
VIII-4-1- 1	Frühere Anmeldungen: 103 46 310.0, DE, 06. Oktober 2003 (06.10.2003)

PCT-ANTRAG

Original (für EINREICHUNG)

	<p>Ich erkenne hiermit meine Pflicht zur Offenbarung jeglicher Informationen an, die nach meinem Wissen zur Prüfung der Patentfähigkeit in Einklang mit Title 37, Code of Federal Regulations, § 1.56 von Belang sind, einschließlich, im Hinblick auf Teilfortsetzungsanmeldungen, Informationen, die im Zeitraum zwischen dem Anmeldetag der früheren Patentanmeldung und dem internationalen PCT-Anmelddatum der Teilfortsetzungsanmeldung bekannt geworden sind.</p> <p>Ich erkläre hiermit, daß alle in der vorliegenden Erklärung von mir gemachten Angaben nach bestem Wissen und Gewissen der Wahrheit entsprechen, und ferner, daß ich diese eidesstattliche Erklärung in Kenntnis dessen ablege, daß wissentlich und vorsätzlich falsche Angaben oder dergleichen gemäß § 1001, Title 18 des US-Codes strafbar sind und mit Geldstrafe und/oder Gefängnis bestraft werden können und daß derartige wissentlich und vorsätzlich falsche Angaben die Rechtswirksamkeit der vorliegenden Patentanmeldung oder eines aufgrund deren erteilten Patentes gefährden können.</p>
--	--

PCT-ANTRAG

Original (für EINREICHUNG)

VIII-4-1- 1-1	Name (FAMILIENNAME, Vorname)	HAHN, Robert
VIII-4-1- 1-2	Sitz oder Wohnsitz (Stadt und jeweils amerikanischer Staat od. Land)	13355, Deutschland
VIII-4-1- 1-3	Postanschrift	Guellweg 10c D-Berlin 13355 Deutschland
VIII-4-1- 1-4	Staatsangehörigkeit	DE
VIII-4-1- 1-5	Unterschrift des Erfinders: (falls nicht im Antrag enthalten, oder falls die Erklärung nach der Einreichung dieser internationalen Anmeldung laut der Regel 26ter korrigiert oder hinzugefügt wurde. Die Unterschrift soll nicht des Agenten, sondern des Erfinders sein.)	
VIII-4-1- 1-6	Datum: (einer Unterschrift, die nicht im Antrag enthalten ist, oder einer Erklärung, die laut der Regel 26ter nach der Einreichung der internationalen Anmeldung korrigiert oder hinzugefügt wurde)	